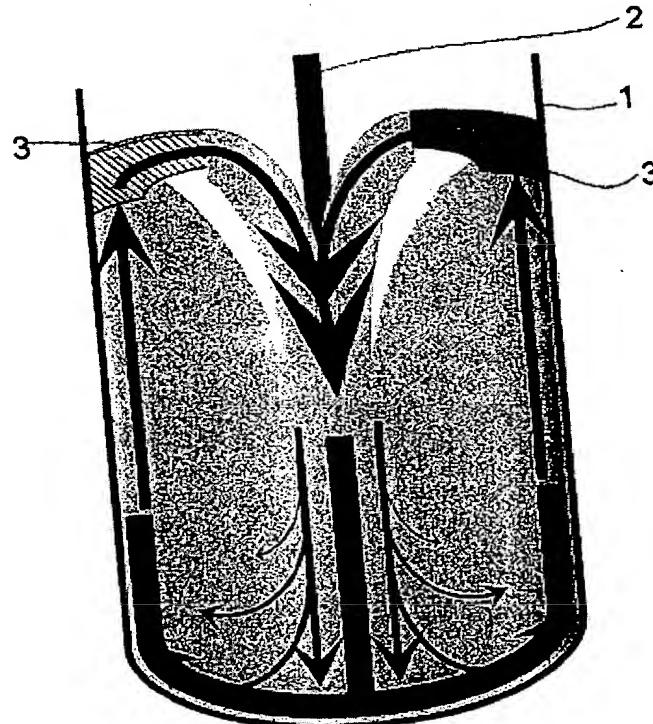


**Chemical liquid mixing tank has mixer baffle vanes positioned between surface of fluid at rest and crest of fluid under mixing conditions**

**Patent number:** DE19957817  
**Publication date:** 2001-06-07  
**Inventor:** HERBST HOLGER (DE)  
**Applicant:** BASF AG (DE)  
**Classification:**  
- international: B01F7/16  
- european: B01F7/16P  
**Application number:** DE19991057817 19991201  
**Priority number(s):** DE19991057817 19991201

[Report a data error here](#)**Abstract of DE19957817**

An essentially upright circular mixing tank (1) holds a charge of two or more fluids which are agitated by a central mixer (2), setting up a down-flow at the center which is reversed at the base, rising up the tank inner walls. The motion creates a trumpet-shaped center depression in the fluid surface. An essentially upright circular mixing tank (1) holds a charge of two or more fluids which are agitated by a central mixer (2), setting up a down-flow at the center which is reversed at the base, rising up the tank inner walls. The motion creates a trumpet-shaped center depression in the fluid surface. The sidewalls have especially a number of radial baffle vanes (3) between the surface of the liquid at rest and the crest of the liquid under mixing conditions, redirecting some of the flow of liquid downwards towards the tank center. The baffle vanes are at regular intervals around the wall and spaced to minimize mutual interference in the fluid flow. Each baffle redirects flow at an angle of approximately 20 deg downwards from the horizontal. The vanes are fixed to a ring clamp which is height-adjustable on upright rods within the tank. The tank has preferably a cambered cone on the base center promoting reversal of the down-flow at the center.

**BEST AVAILABLE COPY**

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

(12) Offenlegungsschrift  
(10) DE 199 57 817 A 1

(51) Int. Cl. 7:  
B 01 F 7/16

(21) Aktenzeichen: 199 57 817.6  
(22) Anmeldetag: 1. 12. 1999  
(23) Offenlegungstag: 7. 6. 2001

(71) Anmelder:  
BASF AG, 67063 Ludwigshafen, DE

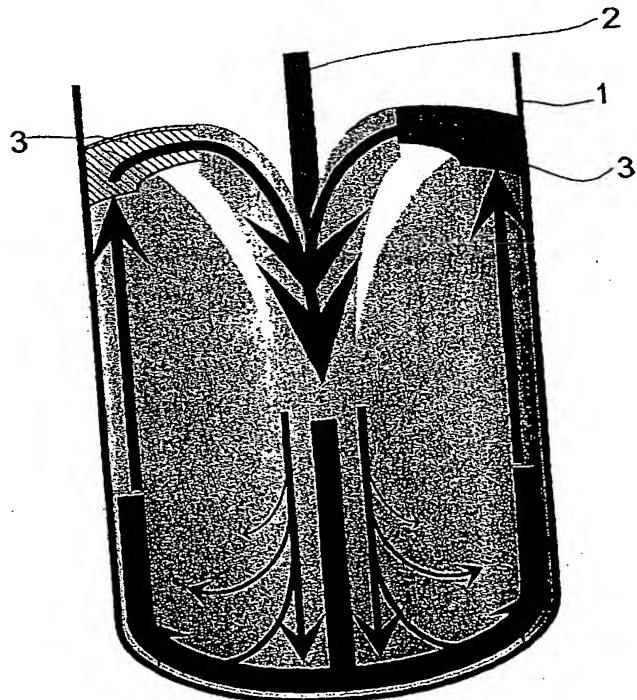
(74) Vertreter:  
Patent- und Rechtsanwälte Bardehle, Pagenberg,  
Dost, Altenburg, Geissler, Isenbruck, 68165  
Mannheim

(72) Erfinder:  
Herbst, Holger, Dr., 67227 Frankenthal, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Vorrichtung zum Mischen von Flüssigkeiten

(57) Es wird eine Vorrichtung zum Mischen von Flüssigkeiten mit einem im wesentlichen vertikal stehenden bewehrten Rührbehälter (1) mit zentralem Rührer (2), der die Flüssigkeit unter Ausbildung einer Trombe in Rotation versetzt, vorgeschlagen, wobei an der Rührbehälterwand im Bereich zwischen dem Flüssigkeitsspiegel im Ruhezustand und dem durch die Trombenbildung erhöhten Flüssigkeitsspiegel Einbauten (3) vorgesehen sind, die einen Teilstrom der rotierenden Flüssigkeit abschälen und in Richtung der Rotationsachse umlenken.



DE 199 57 817 A 1

DE 199 57 817 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Mischen von Flüssigkeiten unter Ausbildung einer Trombe sowie eine Verwendung der Vorrichtung.

5 Vorliegend werden unter dem Begriff Flüssigkeit alle fließfähigen anorganischen, organischen oder biologischen Systeme oder Gemische, beispielsweise echte oder kolloidale Lösungen, Suspensionen, Emulsionen, Schmelzen, Dispersionen, Flüssig/Gas-Dispersionen oder Mischungen daraus, verstanden.

Es ist allgemein bekannt, für Mischaufgaben Rührbehälter einzusetzen, die mit Rührern versehen sind, wobei die Anordnung des Rührbehälters selbst sowie auch die relative Anordnung von Rührer zu Rührbehälter prinzipiell keinen Einschränkungen unterliegen. Es ist bekannt, daß bei zentrisch in unbewehrten Rührbehältern angeordneten Rührern die Flüssigkeit in Rotation versetzt wird, wobei sich eine Flüssigkeitstrombe ausbildet. Solange die Trombe nicht so groß ist, daß der Rührer Luft in die Flüssigkeit einschlagen kann, hat die Trombenform sowohl auf die Rührleistung als auch auf die Mischwirkung keinen Einfluß.

Form und Tiefe von Tromben in gerührten Behältern wurden in Abhängigkeit von der Rührerdrehzahl, dem Rührertyp und der Rührermetrie, von den Stoffeigenschaften der Flüssigkeit, von der Füllstandshöhe sowie vom Behälterdurchmesser unter anderem von Zlokarnik in Chem. Ing. Tech. 43, 1971, Nr. 18, Seiten 1028 ff. und von Rieger et al. in Chem. Eng. Sci. 34, 1979, Seiten 397 ff., untersucht.

Wie in dem obengenannten Artikel in Chem. Eng. Tech. angeführt, ist das Eindringen von Gas in die Flüssigkeit über die Trombe häufig unerwünscht, weil zum einen dadurch die Dichte des Gas-Flüssigkeits-Gemisches um den Rührer und damit die Rührerleistung herabgesetzt wird und andererseits durch das inhomogene Gas-Flüssigkeitsgemisch sowie den Umstand, daß der Rührer teilweise in der Luft rotiert und damit die Flüssigkeitslagerung fehlt, die Rührwelle sowie Lagerung und Abdichtung außerordentlich starken mechanischen Belastungen ausgesetzt werden.

Die Ausbildung von stationären Tromben kann zur Oberflächenbegasung ausgenutzt werden, wie in DE-A-35 14 838 beschrieben.

25 In unbewehrten Rührbehältern mit zentralem Rührorgan ist die Mischwirkung in der Regel nicht befriedigend; die Verwendung von Wandbewehrungen, die zu einer erhöhten Turbulenz und somit einer verbesserten Mischwirkung führt, weist ebenfalls Nachteile auf, insbesondere bezüglich der Verschmutzungsprobleme. Durch die Wandbewehrungen kommt es zu unterschiedlichen Scherraten, wobei sich in Regionen geringer Scherung oft sehr große bewegungslose oder bewegungsarme Zonen ausbilden, in denen Stoffübergänge nur durch ungenügend schnelle Diffusion erfolgen können. Dies führt beispielsweise zur Unterversorgung von Mikroorganismen mit Sauerstoff bei Fermentationen, zu nicht ausreichend engen Molmassenverteilungen bei Polymerisationen in Masse, Lösung oder Dispersion.

30 Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zum Mischen von Flüssigkeiten zur Verfügung zu stellen, die eine schnelle und intensive Vermischung gewährleistet, wobei nur ein geringer spezifischer Leistungseintrag über ein Rührorgan erforderlich ist. Die erfindungsgemäße Vorrichtung soll insbesondere auch für Flüssigkeiten mit höheren Viskositäten, sowie für Flüssigkeiten mit nicht-Newton'schem Fließverhalten, beispielsweise mit strukturviskosem Fließverhalten oder für Bingham-Körper eine gleichmäßige Vermischung ohne Ausbildung von stagnanten Zonen, bei geringer volumenbezogener Mischzeit gewährleisten.

35 Die Lösung geht aus von einer Vorrichtung zum Mischen von Flüssigkeiten mit einem im wesentlichen vertikal stehenden, unbewehrten Rührbehälter mit zentralem Rührorgan, das die Flüssigkeit unter Ausbildung einer Trombe in Rotation versetzt.

40 Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß an der Rührbehälterwand im Bereich zwischen dem Flüssigkeitsspiegel im Ruhezustand und dem durch die Trombenbildung erhöhten Flüssigkeitsspiegel Einbauten vorgesehen sind, die einen Teilstrom der rotierenden Flüssigkeit abschälen und in Richtung der Rotationsachse umlenken.

Der Rührbehälter ist im wesentlichen vertikal stehend, d. h. die Hauptachse ist in der Regel vertikal, wobei geringfügige Abweichungen möglich sind. Unter dem Begriff unbewehrt wird vorliegend verstanden, daß der Rührbehälter im Bereich unterhalb des Flüssigkeitsspiegels im Ruhezustand frei von Wandbewehrungen ist.

45 Der Bauform des Rührbehälters sind grundsätzlich keine Grenzen gesetzt, sofern sie die Ausbildung einer Trombe in einer Flüssigkeit mittels eines zentralen Rührorgans erlaubt. Die Bauform ist bevorzugt rotationssymmetrisch, insbesondere zylindrisch. Möglich sind jedoch auch konisch nach unten und/oder oben zulaufende Formen oder Bauformen, die einen ovalen, runden oder anderen Querschnitt aufweisen. Der Schlankheitsgrad des Rührbehälters unterliegt prinzipiell keinen Beschränkungen, sofern sich mit Hilfe des zentralen Rührorgans eine rotierende Flüssigkeitsströmung mit Trombe erzeugen läßt. Für einen zylindrischen Rührbehälter liegt der Schlankheitsgrad bevorzugt zwischen 0,5 und 5.

50 Deckel und Boden des Rührbehälters können prinzipiell jede beliebige Bauform aufweisen, wobei bezüglich der Rührbehälterhauptachse rotationssymmetrische Bauformen bevorzugt sind. Der Behälterboden ist vorzugsweise flach, halbrund oder als Klöpperboden ausgebildet. Der Behälter wird in der Regel mit einem Deckel, bei Bedarf hermetisch, verschlossen.

55 Der Rührbehälter kann mit üblichen Temperiermöglichkeiten für die zu mischende Flüssigkeit(en) beispielsweise einem äußeren Doppelmantel, mit außerhalb auf der Rührbehälterwand anliegenden Rohren oder mit aufgeschweißten Halbprofilen ausgerüstet sein. Wärmetauscherrohre oder aufgeschweißte Halbprofile können sich auch in jeder beliebigen Ausführungsform und Länge innerhalb des Behälters befinden. Bevorzugte Ausführungsformen sind diejenigen, die die Ausbildung einer frei umlaufenden Rotationsströmung der zu mischenden Flüssigkeit(en) möglichst wenig behindern. Die Heiz- bzw. Kühlmedien können flüssig oder gasförmig sein. Möglich ist auch jede Ausführung einer elektrischen Beheizung auf der Rührbehälteraußenwand.

60 Der Rührbehälter kann eine beliebige Füllhöhe mit der zu mischenden Flüssigkeit(en) aufweisen, sofern sich durch den zentralen Rührer eine Rotationsströmung mit Trombe erzeugen läßt. Bevorzugt ist ein von Füllhöhe-zu-Behälter-Durchmesserverhältnis von 0,5 bis 5.

65 Der Rührbehälter kann beliebig an der Wand wie auch am Deckel und am Boden mit Öffnungen und Stutzen für Zu- und Abläufe versehen sein. Vorzugsweise erfolgen die Zuläufe durch Öffnungen/Stutzen im Rührbehälterdeckel derart,

daß die zulaufenden Stoffe möglichst schnell mit dem Rührbehälterinhalt gemischt werden. Dies kann zum Beispiel durch Zulauf in die Trombe oder in den umgelenkten Schälstrom der Flüssigkeit erfolgen. Einlaufrohre mit beliebiger Länge und Form zum Zuführen von Stoffen können an jedem beliebigen Ort des Kessels angeordnet sein. Abläufe können durch Einstektkrohre jeder beliebigen Länge und Form oder auch nur durch Ablauföffnungen realisiert werden. Vorteilhaft kann auch die Entnahme von Flüssigkeit aus dem abgeschalteten Teilstrom unter Ausnutzung der Bewegungsenergie sein. Weitere Öffnungen können als Zuführungen oder Abführungen von gasförmigen Substanzen genutzt werden.

Weitere Öffnungen in der Rührbehälterwand, dem Boden oder dem Deckel können zum Einbringen von handelsüblichen Instrumenten oder Sonden zur Überwachung des Mischprozesses, wie z. B. Temperatur, Druck, Füllstand, Konzentrationen, pH-Wert oder andere qualitätsrelevante Größen genutzt werden. Ebenso können eine oder mehrere Öffnungen zur qualitätskontrollrelevanten Probenahme genutzt werden. Auch können Öffnungen zur visuellen Beobachtung des Mischprozesses mittels Schaugläsern genutzt werden.

Zum Einbringen von gasförmigen Komponenten mit dem Ziel zum Beispiel einer Reaktion, eines Stoffaustausches, zum Strippen oder zu Reinigungszielen kann der Rührbehälter mit einer dem Fachmann bekannten Form einer Gaszuführung, beispielsweise mit Rohrverteilern, Ringverteilern oder Fritten ausgerüstet werden. Eine gute Begasung der Flüssigkeit kann auch über die Oberflächenturbulenz in der Trombe durch die erfundungsgemäße Rezirkulation der Flüssigkeit erfolgen. Öffnungen zum Auslaß des eingebrachten Gases können, sofern erforderlich, an beliebiger technisch geeigneter Stelle des Rührbehälters angebracht sein.

Möglich ist der Anschluß weiterer Apparate, zum Beispiel Feststoffzuführungseinrichtung, Dosiereinrichtungen oder auch einer Adsorptions- oder Destillationskolonne zur Abtrennung von gasförmigen Produkten oder Edukten über geeignete Öffnungen am Rührbehälter.

Als Werkstoffe zur Herstellung des Rührbehälters sowie des Deckels und des Bodens können alle metallischen oder nichtmetallischen Materialien verwendet werden, die dem Rührbehälter eine ausreichende Festigkeit, Härte und Resistenz gegenüber den im Inneren gehandhabten chemischen Stoffen und physikalischen Bedingungen wie Über- oder Unterdruck und Temperatur aufweisen. Es können dazu als Konstruktionsmaterialien zum Beispiel legierte oder unlegierte Stähle, Zirkon, Titan, Glas, Emaille oder Kunststoffe verwendet werden. Möglich sind auch mit Kunststoffen oder Emaille beschichtete Eisen- oder Stahlkonstruktionen.

Vorteilhaft sind glatte Innenwände des Rührbehälters, die zum Beispiel durch Elektropolieren von Edelstählen erreicht werden können.

Der Rührbehälter kann für sich allein wie auch innerhalb einer Prozeßkette eingesetzt, zum Beispiel als Reaktor für chemische Reaktionen. Die Vorrichtung eignet sich sowohl für absatzweisen (Batch-) Betrieb, bei dem die beteiligten Komponenten im wesentlichen vorgelegt werden, aber auch eine Zudosierung weiterer Komponenten erfolgen kann, wie auch für kontinuierliche Prozesse, wobei kontinuierlich feste, gasförmige oder flüssige Stoffe zu- bzw. abgeführt werden. Der Rührbehälter kann auch als Verdampfer im Sinne einer Destillationsblase mit aufgesetzter Kolonne verwendet werden. Selbstverständlich ist der Rührbehälter auch als ein Bestandteil einer Rührkesselkaskade einsetzbar. Mehrere der erfundungsgemäßen Vorrichtungen lassen sich zu einer Kaskade verschalten. In einer möglichen, hinsichtlich der Sterilität (Keimfreiheit) geschlossenen Ausführung der erfundungsgemäßen Vorrichtung, die über alle dem Fachmann bekannten Hilfsmittel, zum Beispiel chemische oder Dampfsterilisierbarkeit, sterile Begasung und alle sonst erforderlichen Maßnahmen zur Erlangung einer Keimfreiheit im Rührbehälter verfügt, können biotechnologische Verfahren, wie Fermentationen oder Abwasserbehandlungen durchgeführt werden. Denkbar ist auch die Verwendung der erfundungsgemäßen Vorrichtung als Mixer für eine Extraktionsaufgabe unter Nutzung des Mixer/Settler-Prinzips oder als Kristallisator.

Zur Erzeugung einer im Rührbehälter umlaufenden Rotationsströmung der Flüssigkeit(en) ist der Rührbehälter mit einem zentralen Rührer versehen, der in bekannter Weise aus einer Rührerwelle und daran angeordneten Rührorganen aufgebaut ist. Die Drehbewegung der Rührerwelle wird in bekannter Weise durch Ankopplung an einen außerhalb des Rührbehälters befindlichen Motor mit Getriebe bewirkt. Der Antrieb kann sich dabei unterhalb, mit Wellendurchführung durch den Boden, oder oberhalb des Rührbehälters mit Wellendurchführung durch den Deckel, befinden. Als Wellendurchführungen kommen die dem Fachmann bekannten Vorrichtungen, beispielsweise Stopfpackungen, Gleitringdichtungen oder doppelwirkende Gleichringdichtungen in Frage. Möglich ist aber auch ein magnetgekoppelter Antrieb des Rührers ohne Wellendurchführung.

Als an der Welle befestigte Rührorgane, die die Bewegungsenergie des Rührers auf die Flüssigkeit übertragen, sind alle dem Fachmann bekannten handelsüblichen Ausführungen geeignet, die in der Lage sind, eine im Rührbehälter rotierende Flüssigkeitsströmung mit Trombe zu erzeugen.

Das Rührer- zu Rührbehälterdurchmesser-Verhältnis ist dabei beliebig zwischen 0,1 und 1 wählbar. Bei kleinem Rührer- zu Rührbehälterdurchmesser-Verhältnis wird sich in der rotierenden Flüssigkeit ein radialer Geschwindigkeits- und Schergradient aufbauen, was durchaus vorteilhaft sein kann. Bei vorteilhaft großem Rührer- zu Rührbehälterdurchmesser-Verhältnis wird der auftretende radiale Geschwindigkeits- und Schergradient vergleichsweise klein sein, dafür die Förder- und Mischwirkung der Vorrichtung deutlich gesteigert. Beispiele für verwendbare Rührerbauarten können sein: Rührer mit geringem Rührer- zu Rührbehälterdurchmesser, wie Propellerrührer, Scheibenrührer, Schrägbalstrührer, Impellerrührer oder weitere bekannte Ausführungen, Rührer für mittlere Rührer- zu Rührbehälterdurchmesser-Verhältnis, wie Blattrührer, Kreuzbalkenrührer, Mehrphasen-Gegenstromrührer oder Mehrphasen-Interferenz-Gegenstromrührer, oder Rührer mit großem Rührer- zu Rührbehälterdurchmesser-Verhältnis, zum Beispiel Fingerührer, Ankerrührer oder Wendelrührer. Vorteilhaft sind Rührerbauformen mit Primärförderrichtung für die Flüssigkeit axial nach unten und/oder radial nach außen, um die durch die Schälschaufeln hervorgerufene überlagernde axiale Zirkulationsströmung zu unterstützen.

Es können ein oder mehrere Rührorgane von gleicher oder unterschiedlicher Bauart an der Rührerwelle befestigt werden, wobei die Einbautiefe, bezogen auf den betriebsbedingten Flüssigkeitsstand, beliebig ist; vorteilhaft ist die Befestigung zumindest eines Rührorgans im unteren Drittel der Flüssigkeit. Weitere Rührorgane, in beliebiger Einbauhöhe, können eine möglicherweise gewünschte Erhöhung der Scher- und Dispergierwirkung und/oder des Stoffaustausches mit

der Gasphase über die Oberfläche bewirken.

Es sind ebenso sämtliche dem Fachmann bekannten Ausführungen von Hohlrührern im Zusammenhang mit einer Hohlwelle einsetzbar, falls die Einbringung einer gasförmigen Komponente über den Rührer als Eigenbegasung oder Druckbegasung von Vorteil ist.

5 Der spezifische Leistungseintrag unter Verwendung eines beliebigen Rührers zum Betrieb der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist trotz einer deutlicher schnelleren und effektiveren Vermischung deutlich geringer als in bewehrten Behältern, da die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Rührer und Flüssigkeit vorteilhafterweise gering ist, und die Schälschaufeln vorzugsweise mit geringem Strömungswiderstand gestaltet sind.

Zum Betrieb der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist eine Rotationsbewegung der Flüssigkeit erforderlich, die ausreichend sein muß, die Ausbildung einer stationären Trombe zu erzeugen. Die Umfangsgeschwindigkeit der Flüssigkeit ist dazu entsprechend durch die Drehbewegung des Rührers einzustellen. Radiale Geschwindigkeitsgradienten erhöhen die Scherung innerhalb der Flüssigkeit, was für bestimmte Anwendungen von Vorteil sein kann, sie sind aber nicht zwingend erforderlich. Bei Vergrößerung des Rührbehälterdurchmessers ist eine höhere Umfangsgeschwindigkeit zum erfindungsgemäßen Betrieb der Vorrichtung notwendig.

15 Die Drehzahl des Rührers und damit die auf seine Bewegung bezogene rührerspezifische Reynoldszahl ist je nach Größe und Form des Rührbehälters sowie abhängig vom gewählten Rührersystem derart zu wählen, daß eine frei umlaufende Rotationsströmung unter Ausbildung einer Trombe erzeugt wird.

Die durch die frei umlaufende Rotationsströmung erzeugte Trombe kann bezogen auf die Flüssigkeitshöhe beliebig verschoben aufweisen. Vorteilhaft ist eine Trombentiefe bis knapp über dem untersten Rührorgan. Der Betrieb der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist aber auch bei davon abweichenden geringeren Trombentiefen gewährleistet, solange der Umwurfmechanismus der Schälschaufeln funktioniert. Auch eine Trombentiefe, die bis zum untersten Rührorgan oder darunter reicht, kann z. B. im Fall einer erwünschten Gaseinsaugung und Verteilung durch den Rührer von oberhalb der Oberfläche vorteilhaft sein. In dem Fall wird die Oberflächenbegasung und damit der Stoffübergang durch die Turbulenzen in der Trombe und am Rührer, hervorgerufen durch den freien Fall der abgeschälten Teilströmungen, vorteilhaft unterstützt. Die Form der stationär sich ausbildenden Trombe ist beliebig und abhängig von der Rührbehälterbauart und -geometrie, sowie vom eingesetzten Rührertyp und dessen Rotationsgeschwindigkeit, wie auch, allerdings nur wenig, von den Stoffeigenschaften des zu mischenden Mediums, wie zum Beispiel Dichte und Viskosität. Die freie Rotation der Flüssigkeit im Rührbehälter führt zu einer Anhebung der Oberfläche entlang der umlaufenden Wand und einer korrespondierenden Absenkung der Flüssigkeitsoberfläche entlang der im wesentlichen senkrechten Längsachse der Rotationsströmung. Die durch die Zentrifugalbeschleunigung der Flüssigkeit wirkte Anhebung des Flüssigkeitsspiegels an der Rührbehälterwand kann beliebig hoch bis an den Behälterdeckel, vorteilhaft aber zwischen dem 0,01fachen und dem 10fachen betragen, bezogen auf den Flüssigkeitsstand der unbewegten Flüssigkeit.

Erfindungsgemäß sind an der Rührbehälterwand auf der Höhe der angehobenen wandnahen Strömung Einbauten befestigt, die jeweils einen Teilstrom aus der umlaufenden Hauptströmung separieren, diesen oberhalb der rotierenden Flüssigkeit in Richtung der vertikalen Achse des Rührbehälters umlenken und den jeweiligen Teilstrom im freien Fall in die Trombe fließen lassen. In der Trombe bildet sich dadurch eine der Rotationsströmung überlagerte Abwärtsbewegung der Flüssigkeit aus, deren Impuls ausreicht, um das im wesentlichen im unteren Bereich der Flüssigkeit befindliche Rührorgan zu erreichen und dort durch den Rührer und den Boden in eine wandseitige Aufwärtsbewegung umgewandelt zu werden. Da sich die Form und Tiefe der Trombe bei diesem Prozeß nicht verändert, muß zwangsläufig der abgeschälte Teilstrom der Flüssigkeit von unten an der Rührbehälterwand aufwärts ersetzt werden. Dies resultiert in einer kräftigen wandnahen Aufwärtsströmung, die sich der Rotationsbewegung der Flüssigkeit überlagert. Dadurch wird eine kräftige Strömung zentral axial nach unten und wandnah nach oben erzeugt, die die Rotationsbewegung der Flüssigkeit überlagert und damit zu einer schnellen und gleichförmigen Durchmischung des gesamten Behälterinhalts ohne stagnante Zonen auch bei höheren Viskositäten führt.

45 Die Einbauten sind bevorzugt eine oder mehrere Schälschaufeln, die zu dem oben genannten Zweck beliebig gestaltet sein können, insbesondere aus gebogenen Blechen oder Rohren. Vorteilhaft sind Bauformen, die der rotierenden Flüssigkeit möglich wenig Widerstand entgegensetzen und deren freies Ende dem abgeschälten und umgelenkten Teilstrom in die Trombe, vorzugsweise in die Mitte der Trombe befördert. Dadurch wird die Bewegungsenergie der Flüssigkeit möglichst effektiv ausgenutzt. Eine mögliche Ausführungsform ist z. B. eine in die wandnah rotierende Flüssigkeit ragende Zunge, die die gewünschte Menge Teilstrom aus dem Hauptstrom aufnimmt und abschält und diesen einer Umlenkvorrichtung, beispielsweise einem Leitblech oder Leitrohr, zuführt, welches den Teilstrom in Richtung der senkrechten Rotationsachse der Flüssigkeit umlenkt. Der Teilstrom wird derart von der Umlenkvorrichtung freigegeben, daß er diese in einem beliebigen Abwurfwinkel verläßt und in die Trombe trifft.

55 Die gesamte Schälvorrichtung kann auch als entsprechend gebogenes durchgehendes Rohr mit rundem oder beliebigem oder variablen Querschnitt ausgeführt sein, wobei das eine offene Ende in die rotierende Hauptströmung ragt und zum Separieren eines Teilstromes dient, und das andere offene Ende die abgeschälten und umgelenkten Teilströmung entweder frei gibt und per freiem Fall in die Trombe befördert, oder sogar bis tief in die Trombe, gegebenenfalls auch unter die Flüssigkeitsoberfläche des tiefsten Punktes der Trombe fördert.

Falls es sich für den Prozeß als vorteilhaft erweist, können die Schälschaufeln oder -rohre mit zusätzlichen Scher- oder Schneidvorrichtungen, beispielsweise Wellen, Rippen, Stromstörern oder Messern ausgerüstet werden.

Die Menge des abgeschälten Teilstromes ist beliebig und hängt von der Größe und Ausführung der schälenden Vorrichtung ab.

Die horizontalen Abmessungen der Schälschaufel(n) liegt zwischen 0,05 und 0,5, bezogen auf den Behälterdurchmesser.

65 Die Abmessungen der Schälschaufel(n) über alles in vertikaler Richtung können zwischen 0,05 und nahezu 1 bezogen auf den Rührbehälterdurchmesser, frei gewählt werden.

Die Flüssigkeitsströmung innerhalb der Schälschaufel oder des Schälrohres kann sowohl turbulent als auch laminar sein. Die Formgebung der Schaufel oder des Rohres kann so gewählt werden, daß die Förder- oder Wurfrichtung des ab-

geschälten und umgelenkten Teilstromes vorzugsweise in die Mitte der Trombe senkrecht nach unten erfolgt, oder an einer anderen Stelle in einer von der Senkrechten abweichenden Richtung in der Trombe auftrifft. Beim Einsatz mehrerer Schälschaufeln können die Förder-/Wurfrichtungen sowie der vertikal frei wählbare Abwurfwinkel unterschiedlich sein. Die in die Trombe geförderte Summe der einzelnen abgeschälten Teilströme setzt sich additiv aus den Einzelströmen zusammen. Dieser durch die Schälvorrichtungen hervorgerufene summierte Förderstrom kann den gesamten Flüssigkeitsinhalt, auch bei großen Mischkesseln und großen Viskositäten ohne Ausbildung von stagnanten Zonen vielfach pro Minute umwälzen.

Es können je nach Rührbehälterdurchmesser beliebig viele Schälvorrichtungen, mindestens aber eine, an der Rührbehälterwand an der infolge der Rotationsbewegung der Flüssigkeit angehobenen Oberfläche angebracht werden.

Bevorzugt sind die Schälschaufeln auf derselben Höhe des Rührbehälters angeordnet. Zwei oder mehrere Schälschaufeln sind vorzugsweise in der Weise beanstandet, daß sich die Strömungsstörung infolge der Einwirkung einer Schälschaufel bis zur Einbaustelle der nachfolgenden Schälschaufel wieder ausgeglichen hat.

Die Befestigung der Schälschaufeln oder Schälrohre an der Rührbehälterwand kann z. B. durch Schweißen, Kleben, Nieten oder Schrauben erfolgen, wobei die Befestigung derart gewählt sein kann, daß der Anstellwinkel der Schälvorrichtung in einer horizontalen Achse verstellbar und damit die Menge des abgeschälten Teilstromes vergrößer- oder verkleinerbar ist. Außerdem kann dadurch die Förderleistung vorteilhaft verändert werden. Vorzugsweise wird ein flacher Anstellwinkel gewählt, um die Bewegungsenergie der rotierenden Flüssigkeit möglichst effizient auszunutzen. Bevorzugt ist das freie Ende der Schälschaufel(n) in der Weise ausgestaltet, daß ein Abwurfwinkel von  $\pm 20^\circ$  gegenüber der Horizontalen gebildet wird.

Bei großen Ausführungen der Schälschaufel kann es vorteilhaft sein, die auf die Schaufel wirkenden Kräfte, infolge des Drucks der rotierenden Flüssigkeit, durch Stützelemente, die ebenfalls an der Wand befestigt sind, auf die Behälterwand anzuleiten und damit den Schaufeln zusätzliche mechanische Stabilität zu verleihen.

Es ist auch möglich, die Schaufeln in der oben beschriebenen Weise nicht an der Wand, sondern an einem horizontal an der Rührbehälterwand befindlichen Spannring zu befestigen. Durch diese Maßnahme können alle Schaufeln gleichzeitig samt Spannring, zum Beispiel zu Reinigungszwecken, aus dem Behälter entfernt werden. Die Spannung des Spannringes wird beispielsweise durch Schrauben hervorgerufen, die durch Drehen den Durchmesser des Spannringes vergrößern und dadurch den Ring gleichmäßig über den Rührbehälterumfang anpreßt. Das Lösen des Spannringes ist schnell und einfach. Die Verwendung des beschriebenen Spannringes zur Befestigung der Schälschaufeln oder -rohre ist vorteilhaft, da sich die Einbauhöhe, bezogen auf die Rührbehälterhöhe und den variablen Flüssigkeitsstand, leicht für alle angebrachten Schälschaufeln gleichzeitig verändern läßt. Eine Möglichkeit zur Höhenverstellbarkeit der Schälschaufeln während des Mischprozesses zum Beispiel bei zu- oder abnehmendem Flüssigkeitsstand besteht zum Beispiel darin, die Schälschaufeln, wie beschrieben an einem Spannring zu befestigen und diesen mit senkrecht nach oben gerichteten starren Stangen zu versehen, die durch, bei Bedarf abgedichtete Öffnungen, durch den Behälterdeckel ragen und mittels einer geeigneten Vorrichtung, in Abhängigkeit vom Füllstand, nach oben oder unten bewegt werden können, so daß sich die Schälschaufeln immer im geeigneten Arbeitsbereich an der Flüssigkeitsoberfläche befinden.

Eine weitere Möglichkeit, die Schälschaufeln immer auf der erfundungsgemäßen Arbeitshöhe zu halten besteht darin, die Schaufeln an oder auf einem Schwimmerring zu befestigen, der je nach Füllstand im Mischkessel immer an der Oberfläche schwimmt. Der Schwimmerring kann als geschlossener Ring oder als Ring mit einzelnen Schwimmerelementen ausgeführt sein; er soll an der Wand gegen einen Rotation gehindert sein, ohne daß dabei die Bewegung in der Vertikalen verhindert wird.

Als Werkstoffe zur Herstellung der Schälvorrichtungen sowie des Spannringes können alle metallischen oder nichtmetallischen Materialien verwendet werden, die der Vorrichtung eine ausreichende Festigkeit, Härte und Resistenz gegenüber den im Inneren gehandhabten Stoffen und physikalischen Bedingungen wie Druck und Temperatur aufweisen. Es können dazu Konstruktionsmaterialien wie zum Beispiel legierte oder unlegierte Stähle, Zirkon, Titan, Glas, Email, Kunststoffe oder andere verwendet werden. Möglich sind auch mit Kunststoffen oder Emaille beschichtete Eisen oder Stahlkonstruktionen. Vorteilhaft kann die Wahl von Materialien mit glatten Oberflächen wie sie z. B. durch Elektropolieren von Edelstählen hergestellt werden können.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform wird die durch die Einbauten an der Rührbehälterwand induzierte Flüssigkeitsströmung mittels einer hydrodynamisch angepaßten Umlenkvorrichtung am Boden des Rührbehälters oder durch die hydrodynamisch angepaßte Form des Bodens des Rührbehälters selbst verstärkt. Dadurch wird eine besonders schnelle und gleichförmige Durchmischung des gesamten Rührbehälterinhalts ohne stagnante Zonen auch bei höheren Viskositäten erreicht. Die Umlenkvorrichtung hat bevorzugt die Form eines auf dem Boden des Rührbehälters stehenden Kreiskegels, mit Symmetrieachse in Verlängerung der Rührerachse, bevorzugt mit konkav nach innen gewölbter Mantelfläche.

Wirkung zeigen aber auch einfachere Bauformen, zum Beispiel ein einfacher Kreiskegel. Der horizontale Durchmesser der Einbauvorrichtung am Rührbehälterboden kann zwischen dem 0,1fachen und dem 1fachen des Rührbehälterdurchmessers betragen. Der Kegel kann spitz wie auch rund mit einem beliebigen Krümmungsradius sein. Die Höhe kann zwischen 0,1 und 0,5 der ruhenden Flüssigkeitshöhe betragen. In einer Ausführung kann die Umlenkvorrichtung hohl, mit Abdichtung rundherum gegen den Rührbehälterboden, als auch massiv sein. Im Fall einer hohlen Ausführung besteht die Möglichkeit, die Vorrichtung als Gitter (zum Beispiel Metallblech mit Schlitten), Sieb, Filter oder Membran auszuführen und darunter einen Auslaufstutzen anzubringen, was die Möglichkeit eröffnet, ohne wesentliche Beeinflussung der vorteilhaften Durchmischung im Kessel, flüssiges Produkt zu entnehmen und gegebenenfalls Partikel wie Feststoffe oder Katalysatoren zurückzuhalten.

Die Umlenkvorrichtung befindet sich unterhalb des Rührorgans am Boden des Rührbehälters bevorzugt genau mittig zur Rotationsachse der Flüssigkeit.

Die Befestigung der Umlenkvorrichtung am Boden des Rührbehälters kann zum Beispiel durch Schweißen, Kleben, Nieten oder Schrauben erfolgen, wobei die Befestigung bevorzugt derart gewählt sein kann, daß die Flüssigkeit ungehemmt rotieren und möglichst strömungsgünstig umgelenkt werden kann.

Als Werkstoffe zur Herstellung der Umlenkvorrichtung am Boden des Rührbehälters können alle metallischen oder nichtmetallischen Materialien verwendet werden, die der Vorrichtung eine ausreichende Festigkeit, Härte und Resistenz gegenüber den im Inneren gehandhabten Stoffen und physikalischen Bedingungen wie Druck und Temperatur aufweisen. Es können dazu Konstruktionsmaterialien wie zum Beispiel legierte oder unlegierte Stähle, Zirkon, Titan, Glas, Emaille, Kunststoffe oder andere verwendet werden. Möglich sind auch mit Kunststoffen oder Emaille beschichtete Eisen oder Stahlkonstruktionen. Vorteilhaft kann die Wahl von Materialien mit glatten Oberflächen wie sie zum Beispiel durch Elektropolieren von Edelstählen hergestellt werden können.

Mit Hilfe der erfundungsgemäßen Vorrichtung lassen sich sowohl homogene fließfähige Stoffsysteme, zum Beispiel rein homogene Flüssigkeiten oder kolloidale Lösungen vermischen, wobei sich der Zähigkeitsbereich des zu mischenden Fluids von niedrigviskos bis hochviskos ab ca. 0,1 mPas bis ca. 5000 mPas, erstrecken kann, als auch für heterogene zwei- oder mehrphasige Stoffsysteme wie zum Beispiel flüssig/flüssig, flüssig/gasförmig, flüssig/fest, fest/gasförmig, flüssig/flüssig/gasförmig, flüssig/flüssig/fest oder flüssig/gasförmig/fest, wobei sich der Zähigkeitsbereich des zu mischenden Fluids von niedrigviskos bis hochviskos erstrecken kann. Möglich ist die Bewegung von fließend beweglichen Schüttsschichten in einer Gasphase, zum Beispiel mit dem Ziel von chemischen Reaktionen, Adsorptionen, Absorptionen oder Desorptionen von gasförmigen Substanzen mit Feststoffteilchen, weiterhin Trocknen, Konditionieren, Beschichten oder Behandeln von mikroskopischen oder makroskopischen Partikeln.

Die Fließeigenschaften der zu mischen Stoffsysteme können dabei derart sein, daß sich die Rheologie des fließfähigen Gemisches als newtonsches oder nicht-newtonsches Fließverhalten beschreiben läßt. Nicht-newtonsches Fließverhalten kann sich zum Beispiel durch Strukturviskosität, Plastizität, Dilatanz, Thixotropie, Rheopexie oder Viskoelastizität des Stoffgemisches auszeichnen. Besonders vorteilhaft ist die Vorrichtung für Stoffsysteme mit strukturviskosem (pseudo-plastischem), thixotropem oder rheopexem, also zeitlich veränderlichem, Fließverhalten zu verwenden. Ebenso vorteilhaft ist die Benutzung der erfundungsgemäßen Vorrichtung für Stoffsysteme, die eine untere Fließgrenze aufweisen; zum Beispiel sogenannte Bingham- oder Casson-Flüssigkeiten, sowie Gele fallen in diese Kategorie. Vorteilhaft einsetzbar ist die Vorrichtung bei einem sich während des Mischvorgangs zeitlich änderndem Fließverhalten des zu mischenden Stoffsystems, zum Beispiel bei Erniedrigung der Viskosität zum Beispiel durch Verdünnung oder chemische Reaktion oder auch Erhöhung der Viskosität durch zum Beispiel Eindickung, Verdampfung, Polymerisation oder Anreicherung mit Lebendzellmasse oder höhermolekularen Produkten bei biotechnologischen Prozessen, wie zum Beispiel Fermentationen oder Abwasserreinigungen.

Die erfundungsgemäße Vorrichtung eignet sich zur Durchführung von vielen verfahrenstechnischen Prozessen, wie zum Beispiel Mischen, Zerteilen und Verteilen von vorgelegten oder während des Mischens zugeführten fließfähigen Komponenten, mit dem Ziel zum Beispiel des Lösens, des Suspendierens, des Emulgierens, des Begasens, des Dispergierens, des Kristallisierens, des Verdampfens, des Temperierens sowie für chemische Reaktionen unter Beteiligung von festen und/oder flüssigen und/oder gasförmigen Komponenten, wie auch für Prozesse mit zeitvarianter Viskosität, wie Polymerisationen und biotechnologische Fermentationen. Unerwünschte aber prozeßbedingte Schaumbildung läßt sich durch die Zirkulationsströmung und Einsaugen in die Trombe stark herabsetzen oder vorteilhaft ganz verhindern.

Die erfundungsgemäße Vorrichtung eignet sich zum Einsatz als absatzweise oder kontinuierlich betriebener Mischer, Rührkessel, Verdampfer oder chemischer Reaktor in der chemischen und pharmazeutischen Industrie, in der Papierindustrie, in der kosmetischen Industrie, in der lebensmittelverarbeitenden Industrie, in der Biotechnologie oder in der Abwasserreinigung.

Mit der erfundungsgemäßen Vorrichtung wird eine schnelle und intensive Vermischung homogener oder heterogener fließfähiger Stoffgemische mit dem Ziel beispielsweise einer Dispergierung, Verteilung, Zerkleinerung, eines Stoffübergangs, einer Phasenumwandlung, einer Temperierung oder einer chemischen Reaktion erreicht, wobei nur ein geringer spezifischer volumenbezogener Leistungseintrag über das Rührvorgang erforderlich ist.

Die erfundungsgemäße Vorrichtung sorgt einerseits zum Beispiel beim Einsatz von wandgängigen Rührern für eine exzellente Durchmischung, auch bei höheren Viskositäten, und andererseits, durch die überlagerte Aufwärtsströmung an der Wand, zu einem deutlich gesteigerten Wärmeübergang mit der Rührbehälterwand. Darüberhinaus wird durch den guten Mischeffekt die Ausbildung von Temperaturgradienten innerhalb der Flüssigkeit, wie auch unvorteilhafte lokale Überhitzungen der Stoffen an der Behälterwand, auch bei höheren Viskositäten, sicher verhindert. Des Weiteren kann die wandnah erhöhte Strömungsgeschwindigkeit zu deutlich reduzierten Anbackungen oder Fouling führen, die den Wärmeübergang negativ beeinflussen.

Beim Betrieb der erfundungsgemäßen Vorrichtung wird die Ausbildung von stagnanten Zonen beispielsweise bei der Fermentation in mittel- oder hochviskosen Medien, bei denen die Mikroorganismen in den schwach oder nicht bewegten permanent mit Substraten unversorgt und damit hinsichtlich ihrer Produktivität reduziert sind, in einem weiten Viskositätsbereich verhindert, so daß diese Mischvorrichtung im wesentlichen durch einfache ideale Rührkesselmodelle beschreibbar und upscalebar ist.

Die erfundungsgemäße Vorrichtung zeichnet sich durch einfache Nachrüstbarkeit aus: die beschriebenen Schälschaufern zur Rezirkulation des Mediums in die Trombe können in einfachster Weise durch Befestigung an einem gemeinsamen Spannring in einen bereits vorhandenen konventionellen unbewehrten Rührkessel, ohne mechanische Veränderungen am Kessel selbst, eingebracht werden. Der Arbeitsaufwand ist gering und die vorteilhafte Wirkung, bei entsprechender Wahl der Rührerdrehzahl, sofort vorhanden.

Ein besonderer Vorteil ergibt sich unter Verwendung der erfundungsgemäßen Vorrichtung bei Benutzung als volumenkonstanter kontinuierlicher Rührkessel, bei dem permanent Stoffe zu- und abgeführt werden. Einerseits gewährleistet die Vorrichtung eine vorteilhafte schnelle Einmischung und Verteilung der zugeführten Stoffe, auch bei höheren Viskositäten, wie auch die Verhinderung eines sogenannten hydrodynamischen Kurzschlusses, bei dem zulaufende Stoffe nur ungenügend vermischt, abreagiert oder umgewandelt den Mischkessel wieder verlassen, was bei konventionellen Rührkesseln nur schwer vermieden werden kann und durch eine unvorteilhafte Rückführung ausgeglichen werden muß.

Durch die erfundungsgemäße Vorrichtung werden, besonders bei höheren Viskositäten und/oder Ausbildung von stagnanten Zonen, Fehlanzeigen von Meßsonden, wie zum Beispiel Temperatur, Stoffkonzentrationen, pH-Wert, Gasparti-

aldrücke in der Flüssigkeit, verursacht durch ungenügenden Medienaustausch in Sondennähe oder Belegung der Meßfühler, sowie nicht repräsentative Probennahmen infolge erheblicher Konzentrationsunterschiede zwischen bewegten und unbewegten Teilen der Flüssigkeit vermieden, da Meßfühler wie auch Probennahmestellen vorteilhafterweise in Wand- oder Bodennähe angebracht sind und dadurch beim Betrieb der erfundungsgemäßen Vorrichtung kontinuierlich, auch bei hohen Viskositäten sehr gut angeströmt bzw. umspült werden, so daß zu jedem Zeitpunkt repräsentative Informationen über den Zustand und das Geschehen im Kessel erhalten werden.

Während bei konventionell ausgerüsteten Rührkesseln die Maßstabübertragung oft kompliziert ist und nur eine teilweise Ähnlichkeit zwischen der Klein- und Großausführung erreicht werden kann gelingt der Scaleup für die erfundungsgemäße Vorrichtung unter Berücksichtigung einfacher physikalischer und ähnlichkeitstheoretischer Zusammenhänge.

Bei Verwendung der erfundungsgemäßen Vorrichtung wird die Scherung des Mediums nicht durch den Rührer, sondern durch einheitliche Reibung des Mediums über eine große Fläche, nämlich der Rührbehälterwand und den Schälschaufeln verursacht. Bei einem eventuell höheren Bedarf an eingetragener Scherung können die Oberflächen von Behälter und Schälschaufeln entsprechend modifiziert werden, z. B. Rippen, Stromstörer, Messer. Auch können beliebig weitere Rührorgane an der zentral axialen Rührwelle, wie auch an zusätzlichen Wellen mit beliebigem Einbauort und Einbauwinkel, zwecks Erhöhung der Scherung des Mediums angebracht werden. Dadurch wird ein starkes horizontales und vertikales Schergefälle, mit extrem großer Scherung an den Rührerspitzen vermieden, was bei höherer Viskosität und/oder nicht-Newton'schem Fließverhalten des Gemisches, extreme Ausmaße annehmen kann und für eine Reihe von Mischaufgaben, bei denen Funktionen, Größen oder Strukturen von makroskopischen Partikeln wichtig sind und durch Scherung beeinflußt werden von großem Nachteil ist, wie zum Beispiel Teilchengrößen und Molmassenverteilungen bei Polymerisationen in Lösung, Masse oder Emulsion, oder Lebens- und Funktionsfähigkeit und Produktivität von scherempfindlichen Mikroorganismen, wie zum Beispiel eukaryontischen Zellen oder auch mycelbildenden Organismen.

Ein weiterer Vorteil der erfundungsgemäßen Vorrichtung besteht darin, daß außer dem Rührer und den leicht und schnell herausnehmbaren Schälschaufeln keine weiteren Einbauten vorhanden sind und der Rührbehälter dadurch leicht und schnell sowohl chemisch, zum Beispiel durch Lösen und/oder Dispergieren des Rückstandes, als auch mechanisch, zum Beispiel durch Ausspritzen, Ausbürsten aus auswischen, gereinigt werden kann. Die oft erschwerte chemische oder mechanische Reinigung im Anschluß an einen Mischvorgang, besonders wenn sich Verkrustungen, Anbackungen, Fouling oder sonstige Verunreinigungen im Bereich von schwer zugänglichen Toträumen gebildet haben, wird vermieden. Die Verfügbarkeit von Mischnapparaten ist infolge kürzerer Reinigungs-, Wartungs- und Rüstzeiten erhöht.

Besonders geeignet ist die Benutzung der erfundungsgemäßen Vorrichtung zum Mischen von strukturviskosen, rheopexen oder thixotropen Flüssigkeiten, da zum einen die Viskosität aufgrund der Scherung an der Behälterwand am niedrigsten ist und dadurch die Fließfähigkeit der erfundungsgemäßen Vorrichtung hier am geringsten ist, und z. B. auch der Stoffübergangswiderstand hier am geringsten ist, und zum anderen weil die für den Stoffaustausch repräsentative Viskosität bereits bei kleinen Schleuderziffern minimal wird.

Die Verwendung der erfundungsgemäßen Vorrichtung hat den weiteren Vorteil, daß der gebildete Schaum in die rotierende Trombe eingezogen, dort durch die Rotation nach dem Prinzip eines mechanischen Schaumzerstörers behandelt und zusätzlich durch die von oben austreffende Flüssigkeit aus den Schälschaufeln besprührt oder bereget wird, was in Summe zu einer außerordentlichen wirkungsvollen Schaumzerstörung führt. Die Eingabe von Entschäumungsmittel, der Einsatz mechanischer Schaumzerstörer mit Zentrifugaleffekt oder das Beregen mit arteigener Flüssigkeit ist nicht notwendig.

Die Erfindung wird im folgenden anhand einer Zeichnung sowie von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Es zeigen:

**Fig. 1** eine erste bevorzugte Ausführungsform einer erfundungsgemäßen Vorrichtung in Längsschnitt (Fig. 1a) und Querschnitt (Fig. 1b) und

**Fig. 2** eine zweite bevorzugte Ausführungsform einer erfundungsgemäßen Vorrichtung in Längsschnitt (Fig. 2a) und Querschnitt (Fig. 2b).

**Fig. 1a** zeigt einen vertikal stehenden Rührbehälter 1 ohne Bewehrungen im Bereich des Flüssigkeitsspiegels im Ruhzustand, mit zentralem Rührer 2, der vorliegend beispielhaft als Ankerrührer ausgebildet ist. Der Anker ist lediglich beispielhaft angeführt, es ist ebenso jede andere bekannte Form für das Rührorgan (die Rührorgane) möglich. Im Bereich zwischen dem Flüssigkeitsspiegel im Ruhzustand und den durch die Trombenbildung angehobenen Flüssigkeitsspiegel sind an der Rührbehälterwand Einbauten 3 vorgesehen, die einen Teilstrom der rotierenden Flüssigkeit abschälen und in Richtung der Rotationsachse umlenken. In Fig. 1a ist durch Pfeile die durch die Einbauten 3 stark verstärkte Strömung axial zentral nach unten und wandnah nach oben, die sich der durch den Rührer bewirkten Rotationsbewegung überlagert, dargestellt.

**Fig. 1b** zeigt einen Querschnitt durch die erste bevorzugte Ausführungsform einer erfundungsgemäßen Vorrichtung im Bereich der Einbauten 3. Die Bezugsziffern haben dieselbe Bedeutung wie in Fig. 1a; zusätzlich sind an der Wand befestigte Stützelemente 4 dargestellt, die insbesondere für den Fall von Großausführungen der Einbauten (Schälschaufeln) 3 zur Verbesserung der mechanischen Stabilität der Einbauten 3 vorteilhaft sind. Die durch die Einbauten stark verstärkte Strömung in Richtung der Trombenmitte ist durch Pfeile mit dicken Linien dargestellt. Zusätzlich ist in der Querschnittsdarstellung die durch den Rührer bewirkte Rotationsströmung durch kreisförmige, dünne Linien verdeutlicht.

**Fig. 2** zeigt ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel einer erfundungsgemäßen Vorrichtung, wobei gleiche Bezugsziffern dieselbe Bedeutung wie Fig. 1 haben. Zusätzlich zur Darstellung in Fig. 1 ist in Fig. 2 am Boden des Rührbehälters 1 eine hydrodynamisch angepasste Umlenkungsvorrichtung 5 vorgesehen, die die Form eines auf dem Boden des Rührbehälters stehenden Kreiskegels aufweist, mit konkav nach innen gewölbter Mantelfläche.

Die Erfindung wird im folgenden von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

#### Ausführungsbeispiel 1

Für Mischzeitmessungen in wässrigen Xanthanmodelllösungen unterschiedlicher Konzentration wurde ein senkrecht

stehender, zylindrischer Rührbehälter (Durchmesser 400 mm, Gesamtvolumen 100 Liter, Flüssigkeitsvolumen 60 Liter) mit flachem Boden verwendet. Das Flüssigkeitshöhe-zu-Durchmesserverhältnis betrug 1,2. Der zylindrische Teil des Rührbehälters war mit vier symmetrisch am Rand angeordneten senkrechten Wehrblechen versehen. Das Verhältnis der Breite der Wehrbleche zum Rührbehälterdurchmesser betrug 0,1. In der Mitte des Rührbehälters befand sich eine senkrecht von unten durch den Boden geführte Rührerwelle. Für alle Versuche wurde Wasser verwendet, das mit 1% bzw. 2% Xanthan eingedickt wurde. Die Viskositäten dieser pseudoplastischen Lösungen betrug nach Messungen im Rotationsviskosimeter 1500 mPas bzw. 5000 mPas bei einer Scherrate von  $10 \text{ s}^{-1}$ .

In der Versuchsserie a) wurde die Welle mit zwei sechs-blättrigen Scheibenrührern mit einem Rührer- zu Rührbehälterdurchmesser von 0,4 bestückt. Die Einbauhöhen betrugen ein Drittel bzw. zwei Drittel der Flüssigkeitshöhe.

10 In der Versuchsserie b) wurden die Wehrbleche entfernt. Die Welle wurde mit einem Ankerrührer mit einem Rührer- zu Rührbehälterdurchmesser von 0,9 bestückt. Es bildete sich eine Flüssigkeitstrombe aus, die bis auf ca. ein Drittel Flüssigkeitshöhe herunterreichte.

15 In der Versuchsserie c) wurden die Rührbehälter entfernt. Die Welle wurde mit einem Ankerrührer mit einem Rührer- zu Rührbehälterdurchmesser von 0,9 bestückt. Es bildete sich eine Flüssigkeitstrombe aus, die bis auf ca. ein Drittel Flüs-

sigkeitshöhe herunterreichte. In Höhe der angehobenen Flüssigkeitsoberfläche wurde ein Spannring mit zwei gegenüberliegend befestigten Schälschaufeln befestigt. Die Schälschaufeln waren so gefertigt und montiert, daß sie strömungsgünstig große Mengen Flüssigkeit von der umlaufenden Flüssigkeit abschälten und in die Mitte (Trombe) zurückwarfen. Die flüssigkeitsabschälende Zunge der Schälschaufeln ragte mit einem Winkel von 20 Grad, bezogen auf die Horizontale, ca. 8 cm in die Flüssigkeit.

20 Die Drehzahlen betragen in allen Versuchen  $350 \text{ min}^{-1}$ .

Die Mischzeit wurde in allen Versuchen mittels Farbumschlag eines pH-Indikators bestimmt. Gemessen wurde die Zeit bis zur partiellen (bewegter Flüssigkeitskern) bzw. vollständigen farblichen Homogenisierung.

1 % Xanthan	a) Scheibenrührer	b) Ankerrührer	c) Ankerrührer + Schälschaufeln
Breite der stagnanten Zone an der Behälterwand	30 mm stagnante Zone an der Behälterwand, mäßige Durchmischung im Flüssigkeitskern	Keine stagnante Zone, kaum vertikale und horizontale Durchmischung	Keine stagnante Zone, sehr gute vertikale und horizontale Durchmischung
Mischzeit für den bewegten Flüssigkeitskern	5 s	18 s	4 s
Gesamtmischzeit	22 s	18 s	4 s

#### Ausführungsbeispiel 2

45 Die Versuchsbedingungen wurden analog zu Ausführungsbeispiel 1 gewählt. Abweichend wurden wässrige Lösungen mit 2% Xanthan eingesetzt.

2 % Xanthan	a) Scheibenrührer	b) Ankerrührer + Schälschaufeln
Breite der stagnanten Zone an der Behälterwand	30 mm stagnante Zone an der Behälterwand, mäßige Durchmischung im Flüssigkeitskern	Keine stagnante Zone, sehr gute vertikale und horizontale Durchmischung
Volumenbezogene Stoffübergangszahl $k_{La}$	$0,005 \text{ s}^{-1}$	$0,019 \text{ s}^{-1}$

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Mischen von Flüssigkeiten mit einem im wesentlichen vertikal stehenden unbewehrten Rührbehälter (1) mit zentralem Rührer (2), der die Flüssigkeit unter Ausbildung einer Trombe in Rotation versetzt, dadurch gekennzeichnet, daß an der Rührbehälterwand im Bereich zwischen dem Flüssigkeitsspiegel im Ruhestand und dem durch die Trombenbildung erhöhten Flüssigkeitsspiegel Einbauten (3) vorgesehen sind, die einen Teilstrom der rotierenden Flüssigkeit abschälen und in Richtung der Rotationsachse umlenken.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einbauten (3) als eine oder mehrere an der Rühr-

# DE 199 57 817 A 1

behälterwand befestigte Schälschaufeln aus gebogenen Blechen oder Rohren ausgebildet sind, deren Bauform(en) der rotierenden Flüssigkeit möglichst wenig Widerstand entgegengesetzt (entgegensezten) und deren freies Ende den abgeschälten und umgelenkten Teilstrom in die Trombe, vorzugsweise in die Mitte der Trombe, befördert.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2 mit zwei oder mehreren Schälschaufeln, die bevorzugt auf derselben Höhe des Rührbehälters (1), insbesondere in der Weise beabstandet eingebaut sind, daß sich die Strömungsstörung infolge der Einwirkung einer Schälschaufel bis zur Einbaustelle der nachfolgenden Schälschaufel wieder ausgeglichen hat.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das freie Ende der Schälschaufel(n) in der Weise ausgestaltet ist, daß ein Abwurfwinkel von  $\pm 20^\circ$  gegenüber der Horizontalen gebildet wird.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Schälschaufel(n) mittels eines Spannringes an der Rührbehälterwand befestigt sind.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Befestigung höhenverstellbar ist, insbesondere mittels einer gleitenden Befestigung des Spannringes an starren, parallel zur Rührbehälterlängsachse in der Nähe der Rührbehälterwand eingebauten Stangen.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die durch die Einbauten an der Rührbehälterwand induzierte Flüssigkeitsströmung mittels einer hydrodynamisch angepaßten Umlenkvorrichtung (4) am Boden des Rührbehälters (1) oder durch die hydrodynamisch angepaßte Form des Bodens des Rührbehälters (1) selbst verstärkt wird.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Umlenkvorrichtung (4) die Form eines auf dem Boden des Rührbehälters stehenden Kreiskegels aufweist, mit der Symmetriearchse in Verlängerung der Rührerachse, bevorzugt mit konkav nach innen gewölbter Mantelfläche.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Umlenkvorrichtung (4) hohl, insbesondere als Gitter, Sieb, Filter oder Membran ausgebildet ist.

10. Verwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9 zum Einsatz als absatzweise oder kontinuierlich betriebener Mischer, Rührkessel, Verdampfer oder chemischer Reaktor in der chemischen und pharmazeutischen Industrie, in der Papierindustrie, in der kosmetischen Industrie, in der lebensmittelverarbeitenden Industrie, in der Biotechnologie oder in der Abwasserreinigung.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

60

65

**- Leerseite -**

FIG.1B

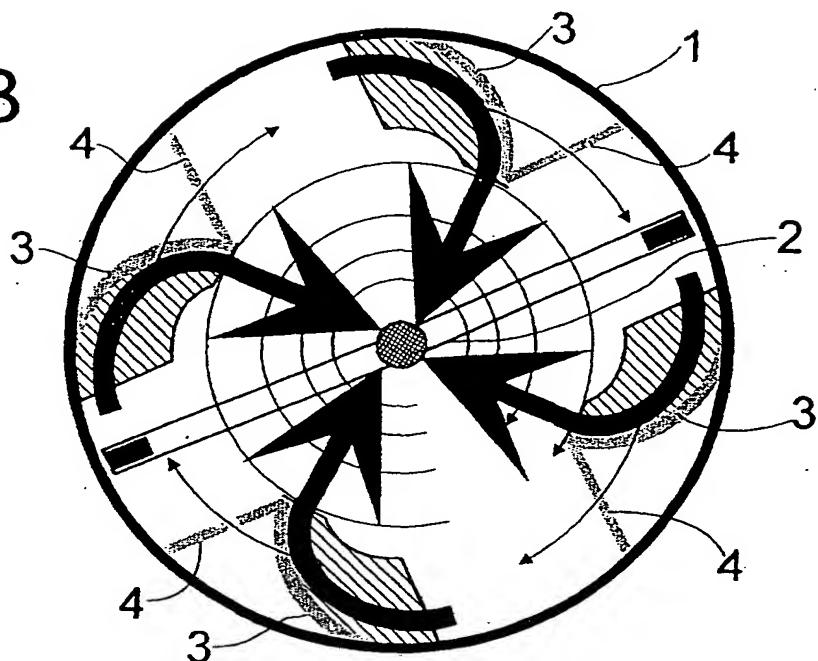


FIG.1A

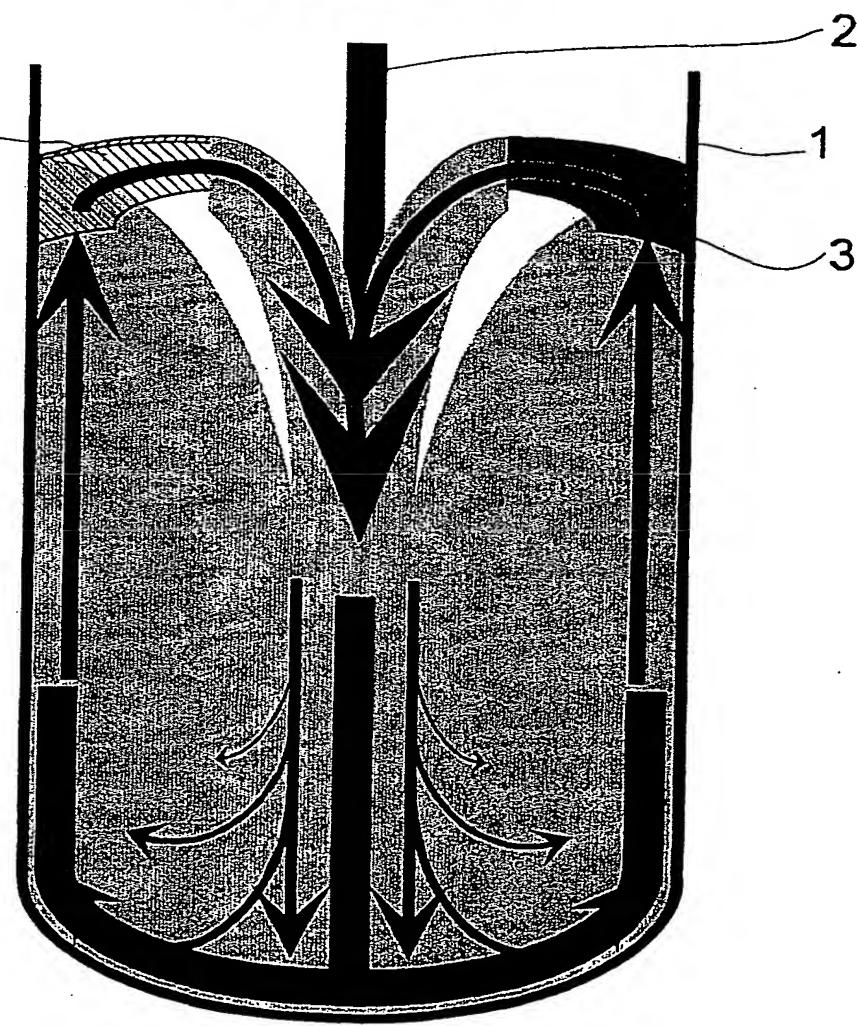
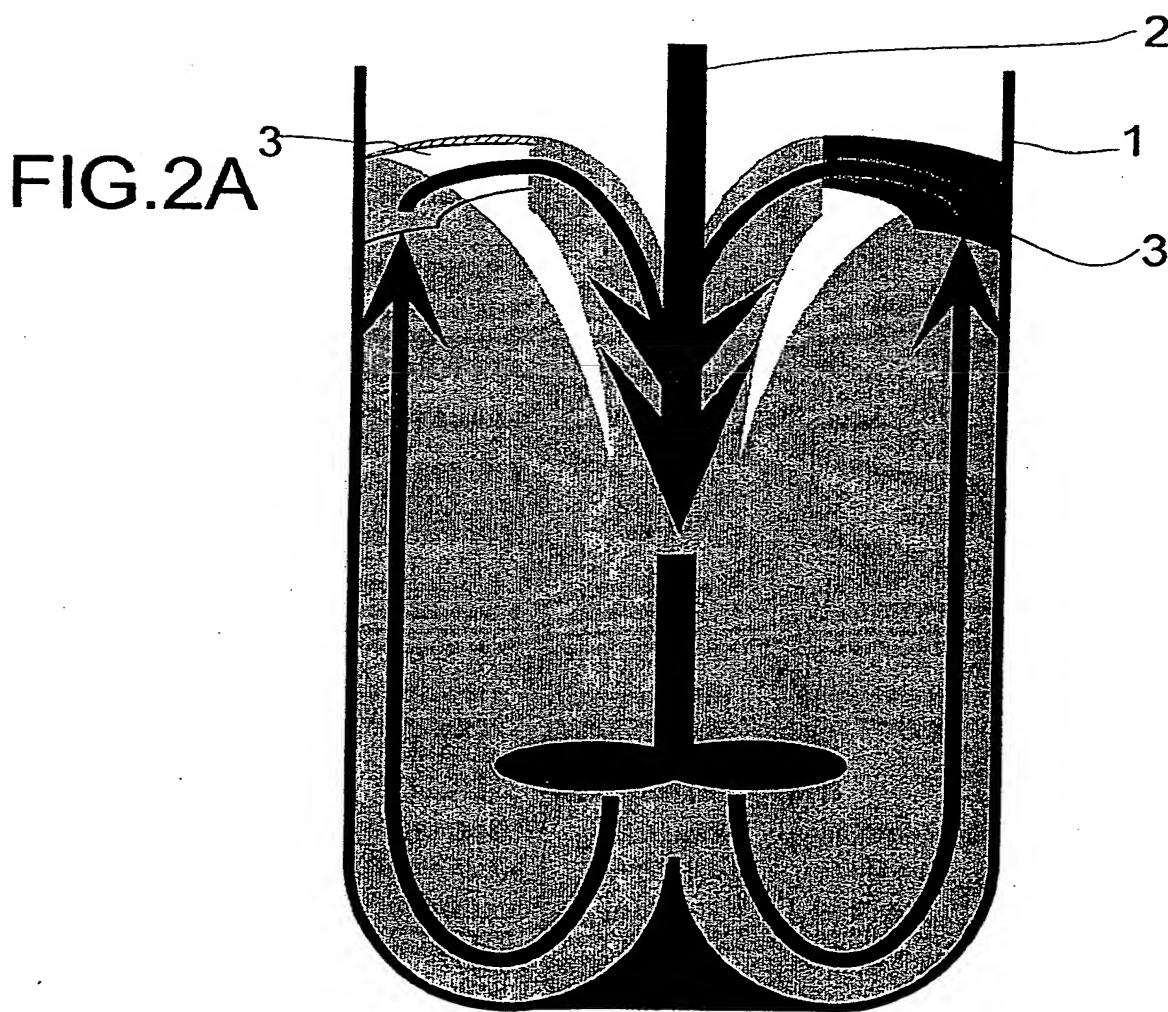
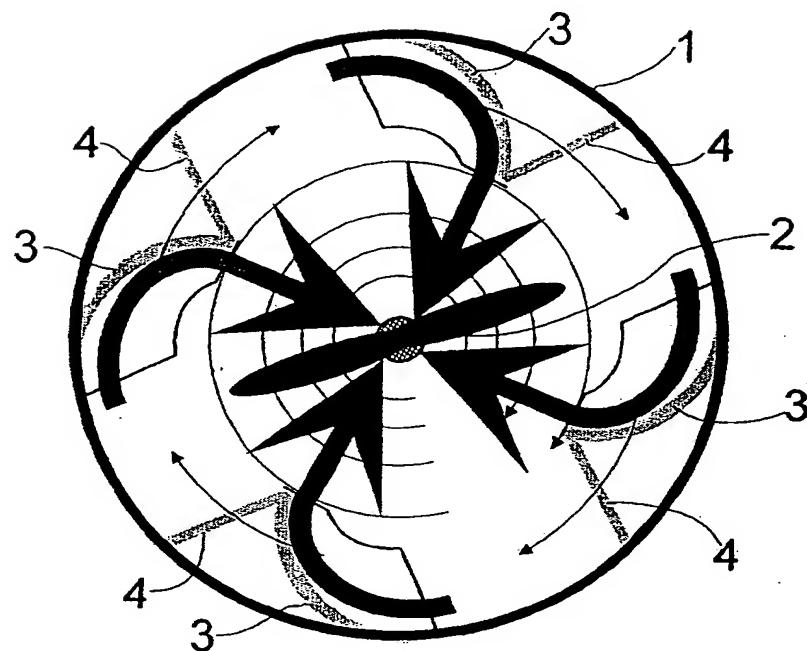


FIG2B



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**